

# Экономика

УДК 65.018.627.004.12

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА АНАЛИЗА ОСНОВНЫХ ФОНДОВ ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОСНОВЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

А.А. Ханова, Н.П. Ганюкова

Астраханский государственный технический университет

E-mail: ann.khanova@gmail.com

*Показана возможность анализа основных фондов предприятия на основе технологии имитационного моделирования. Установлены факторы, влияющие на прибыль предприятия, и проведен полнофакторный эксперимент на имитационной модели. На основе применения метода цепных подстановок, имитационного моделирования, теории планирования экспериментов показано совершенствование метода анализа основных фондов, сделан вывод о том, какие факторы и как влияют на фондоотдачу предприятия.*

### **Ключевые слова:**

*Имитационная модель, основные фонды, грузовой порт, планирование экспериментов.*

### **Key words:**

*Imitating model, fixed capital, cargo port, planning of experiments.*

Основные производственные фонды во многом определяют производственную мощность предприятия и уровень технической вооруженности труда. Показатели деятельности предприятия – производительность труда, фондоотдача, выпуск продукции, снижение себестоимости, экономия капитальных вложений улучшаются при росте эффективности использования основных фондов и производственных мощностей.

Для анализа основных фондов используются данные и информация, содержащиеся в бухгалтерском и оперативно-техническом учете, статистической отчетности, в материалах инвентаризации и др. [1]. Одним из способов выявления возможностей улучшения производственных показателей, а также факторов, оказывающих влияние на результативность деятельности предприятия, является анализ основных фондов, включающий в себя изучение наличия, структуры и движения основных средств, оценку использования оборудования и производственных мощностей. Анализируется период, включающий несколько лет работы предприятия. Такой анализ выявляет факторы, влияющие на результаты работы, а также резервы повышения производственных показателей. Однако провести анализ того, как эти факторы будут оказывать влияние на деятельность предприятия

в различных ситуациях, т. е. ответить на вопросы «что будет, если..?», «как сделать, чтобы...?», при таком подходе невозможно. Поэтому актуальной становится задача совершенствования метода анализа основных фондов предприятия и исследования воздействия на его деятельность различных факторов с помощью имитационного моделирования [2].

Рассмотрим поставленную задачу на примере предприятия внутреннего водного транспорта – грузового порта. Для осуществления хозяйственной деятельности предприятие водного транспорта должно располагать необходимыми основными производственными фондами, характеризующими его производственную мощь. Так как основным видом услуг, предоставляемых грузовым портом, являются погрузочно-разгрузочные работы, то наибольший интерес представляет крановое оборудование. Удельный вес машин и оборудования грузового порта в общей стоимости промышленно-производственных фондов составил около 30 %.

Показателем, характеризующим эффективность использования основных фондов, является фондоотдача. Фондоотдача основных средств  $f$  рассчитывается по формуле:  $f = Q_n / F$ , где  $Q_n$  – выпуск услуг за  $n$ -й промежуток времени;  $F$  – среднегодовая стоимость производственных основных фондов.

Факторы, воздействующие на уровень фондоотдачи, можно условно разделить на три категории: факторы, приводящие к изменению структуры продукции и основных фондов; факторы, влияющие на стоимость воспроизводства единицы мощности основных фондов; экстенсивные и интенсивные факторы, изменяющие степень использования основных фондов.

Для описания взаимосвязи показателя фондоотдачи ( $f$ ) и указанных выше групп факторов можно построить комплексную экономико-математическую модель:

$$f = \frac{F^a}{F} \cdot \frac{F^v}{F^a} \cdot \frac{F^d}{F^v} \cdot \frac{1}{C} \cdot l \cdot \frac{Q}{T^{Mq}},$$

где  $F^a$  – среднегодовая стоимость машин и оборудования;  $F^v$  – среднегодовая стоимость установленного оборудования;  $F^d$  – среднегодовая стоимость действующего оборудования;  $l$  – количество рабочих дней;  $C$  – средняя стоимость единицы оборудования;  $Q$  – выпуск товаров и услуг (без внутреннего оборота) в фактических ценах (без НДС и акциза);  $T^{Mq}$  – количество отработанных машино-часов, или

$$f = k^a \cdot k^v \cdot k^d \cdot \frac{1}{C} \cdot l \cdot v^{Mq},$$

где  $k^a$  – коэффициент машин и оборудования;  $k^v$  – коэффициент установленного оборудования;  $k^d$  – коэффициент действующего оборудования;  $v^{Mq}$  – производительность оборудования.

Влияние вышеуказанных факторов на уровень и динамику фондоотдачи можно установить способом цепных подстановок [1]:

$$\Delta x_i y = f(x_1^1, \dots, x_{i-1}^1, x_i^1, x_{i+1}^0, \dots, x_n^0) - f(x_1^1, \dots, x_{i-1}^1, x_i^0, x_{i+1}^0, \dots, x_n^0),$$

где  $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$  – жестко детерминированная модель, описывающая изменение результативного показателя  $y$  от  $n$  факторов; показатели получили приращение  $D$  по сравнению с отчетным периодом;  $\Delta x_i y$  – изменение результативного показателя под влиянием только фактора  $x_i$ . Проведение анализа позволит оценить степень использования кранового оборудования в порту, а также выявления резервов более полной загрузки кранов, эффективности их использования.

На сегодняшний день сроки эксплуатации портовых кранов в большинстве случаев приближаются к 20–35 годам. Поэтому основной статьей затрат порта являются отчисления на устранение поломок кранового оборудования. Количество поломок увеличивается в зимний период времени, когда ухудшаются погодные условия и происходят перепады температуры. Устранение поломок кранового оборудования занимает от 2 ч до 2 мес. Основными видами поломок являются поломки приборов и устройств безопасности, механизмов подъема и поворота стрелы, опорно-поворотных устройств; грузового и стрелового канатов. Именно наличие стохастической составляющей, обусловленной по-

ломками оборудования, изменением интенсивности прихода судов (меняется в зависимости от сезона), структурой грузооборота, погодными факторами определяет актуальность использования метода имитационного моделирования для анализа основных фондов грузового порта.

Для построения имитационной модели грузового порта необходимо изучить погрузочно-разгрузочные процессы, проходящие в грузовом порту [3]. Все операции, проводимые в грузовых портах, в зависимости от вида перевозки делятся на операции по импорту и по экспорту (рис. 1). Изучение логики процессов, происходящих в грузовом порту, а также анализ статистических данных позволили построить имитационную модель анализа основных фондов грузового порта с использованием программного продукта Arena 8.0 [4].

Имитационная модель погрузочно-разгрузочных работ порта, разработанная на основе собранных данных, состоит из следующих групп модулей: субмодель генерации поломок кранового оборудования; субмодель прибытия/отбытия судов; субмодель погрузочно-разгрузочных работ; субмодель перевозки груза; субмодель хранения груза; анимационные модули [4]. Анимационный модуль предназначен для динамического отображения погрузочно-разгрузочных работ на схематическом плане грузового порта и является по сути одним из интерфейсов модели. Осуществлена проверка построенной имитационной модели на адекватность реальному объекту методами верификации моделирующих компьютерных программ, методами повышения валидации и доверия к модели, а также на основе использования критерия Стьюдента. Данная проверка показала, что отклонение данных, полученных при моделировании, от эмпирических данных, собранных в порту, составило от 0 до 7,1 %, что позволяет говорить об адекватности модели [2].

Модель дает оценку качеству обслуживания в грузовом порту: длину очередей внутрипортового транспорта перед различными зонами грузового порта, время ожидания обслуживания магистрального транспорта, время пребывания в порту магистрального транспорта, грузовых поездов, судов, коэффициент использования погрузочно-разгрузочного технологического оборудования. Эффективная работа грузового порта невозможна без прогнозирования этих показателей. Также были созданы пользовательские отчеты для анализа основных фондов грузового порта: «Динамика объема продукции, основных фондов и фондоотдачи» и «Расчет влияния факторов на показатель фондоотдачи», рис. 2, 3.

Анализ информации после прогонов имитационной модели показал, что выпуск услуг в отчетном году увеличился на 32088,860 тыс. р по сравнению с базисным годом. Это произошло в результате увеличения стоимости основных фондов (ОФ) и снижения удельного веса машин и оборудования, что обеспечило увеличение объема предоста-

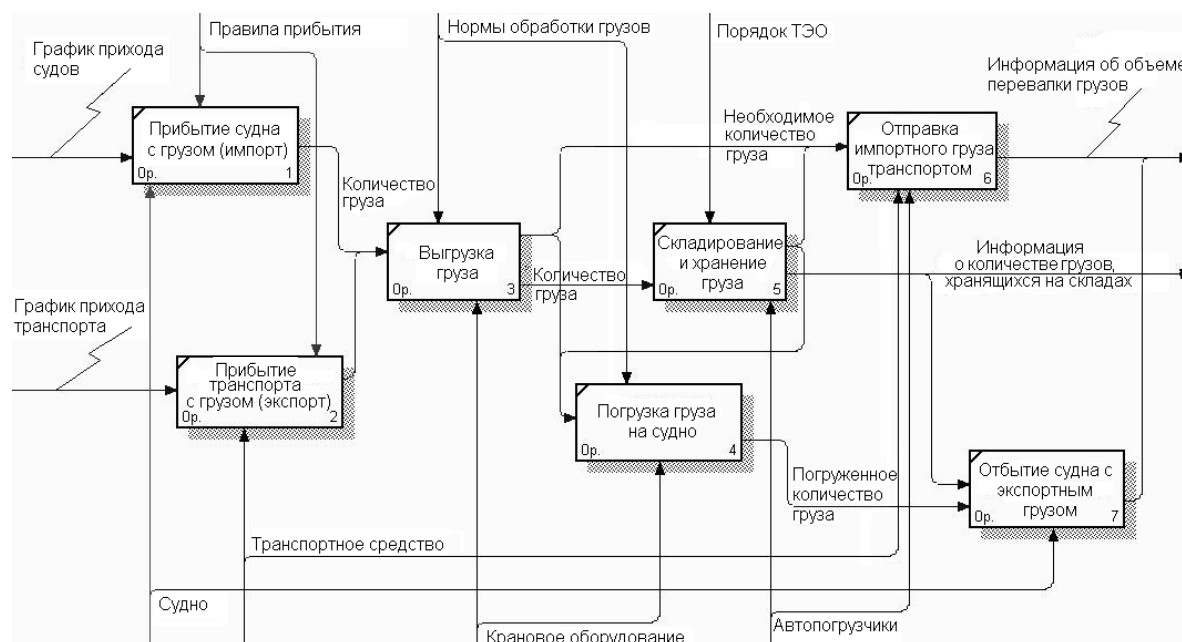


Рис. 1. Функциональная диаграмма «Процесс перевалки грузов в порту»

вляемых услуг на 2800,125 тыс. р, а также повышение фондоотдачи машин и оборудования на 29288,735 тыс. р, табл. 1.

Таблица 1. Отчет имитационной модели «Динамика объема продукции, основных фондов и фондоотдачи»

Наименование показателя	Базисный год	Отчетный год	Отклонение от базисного года (+, -)
Выпуск услуг (без внутреннего оборота) в фактических ценах (без НДС и акциза), р	58456480,00	90545340,43	32088860,43
Среднегодовая стоимость ОФ, р	47360480,00	53965652,00	6 605172,00
В том числе машин и оборудования, р	12052480,00	12629806,00	577326,00
Удельный вес машин и оборудования в составе ОФ	0,254	0,234	-0,020
Фондоотдача с 1 р стоимости ОФ, р	1,234	1,678	0,444
Фондоотдача с 1 р стоимости машин и оборудования, р	4,850	7,169	2,319
Влияние изменения стоимости ОФ, р	8152685,63		
Влияние изменения структуры ОФ, р	-5352561,03		
Влияние изменения фондоотдачи с 1 р стоимости машин и оборудования, р	29288735,83		

Влияние выше рассчитанных факторов на уровень и динамику фондоотдачи велось способом

цепных подстановок на основе результатов прогнозов имитационной модели. Изменение фондоотдачи в отчетном году по сравнению с базисным годом произошло за счет: увеличения количества рабочих дней (+0,002 р), снижения удельного веса машин и оборудования в стоимости промышленно-производственных основных фондов (-0,072 р), полного использования наличного фонда (+0,004 р), неполного использования действующего оборудования (-0,041 р), снижения средней стоимости единицы оборудования (+0,001 р), и повышения производительности действующего оборудования (0,357 р.). В целом под влиянием этих факторов рост фондоотдачи составил 0,251 р, табл. 2.

Имитационная модель позволяет провести исследование влияния различных факторов на деятельность грузового порта. Рассмотрим влияние интенсивности прихода судов на прибыль получаемую грузовым портом. Проведем 2-факторный эксперимент с разработанной имитационной моделью [2, 5]. Введем две входные переменные (или фактора): фактор 1(*s*) – увеличение на 5 ед. импортных судов; фактор 2(*d*) – увеличение на 5 ед. экспортных судов.

Необходимо получить оценку влияния каждого фактора на отклики –  $R_i$  (прибыль, получаемую от погрузочно-разгрузочных работ). Также необходимо определить, будут ли факторы взаимодействовать друг с другом, т. е. будет ли эффект одного фактора зависеть от уровня другого фактора. Для того, чтобы увидеть, как отклик реагирует на изменение фактора *s*, зафиксируем уровень фактора *d* и выполним имитационные прогоны для каждого уровня фактора *s*. Затем повторим процедуру для фактора *d*. «Нижний» и «верхний» уровни факторов *s* и *d* приведены в схеме кодирования, табл. 3.

**Таблица 2.** Отчет имитационной модели «Влияние факторов на показатель фондоотдачи»

Наименование показателя	Базисный год	Отчетный год	Темп динамики, %	Исходная величина фондоотдачи, р	Изменение показателя, %	Фондоотдача с учетом изменения анализируемых показателей, р	Влияние на фондоотдачу отдельных факторов, р
Выпуск услуг (без внутреннего оборота) в фактических ценах (без НДС и акциза), р	58456480,00	90545340,43	154,89	–	–	–	–
Среднегодовая стоимость ОФ, р	47360480,00	53965652,00	113,95	–	–	–	–
Среднегодовая стоимость машин и оборудования, р	12052480,00	12629806,00	104,79	–	–	–	–
Среднегодовая стоимость установленного оборудования, р	10598246,00	11159703,70	105,30	–	–	–	–
Среднегодовая стоимость действующего оборудования, р	9867245,00	9879081,97	100,12	–	–	–	–
Количество действующего оборудования, шт.	4	4	100	–	–	–	–
Количество отработанных машиночасов, ч	2005	2140	107	–	–	–	–
Количество рабочих дней, дн.	365	366	100,27	0,789	100,27	0,791	0,002
Коэффициент машин и оборудования	0,254	0,234	91,96	0,899	91,96	0,827	–0,072
Коэффициент установленного оборудования	0,879	0,884	100,48	0,827	100,48	0,831	0,004
Коэффициент действующего оборудования	0,931	0,885	95,08	0,831	95,08	0,790	–0,041
Средняя стоимость единицы оборудования, р	2466811,25	2469770,49	100,12	0,790	100,12	0,791	0,001
Производительность оборудования, р	29155,35	42310,91	145,12	0,791	145,12	1,148	0,357
ИТОГО							0,251

**Таблица 3.** Схема кодирования для факторов  $s$  и  $d$  в имитационной модели

Фактор	–	+
$s$ , ед.	214	219
$d$ , ед.	208	213

Матрица плана и соответствующие переменные отклика представлены в таблице 4 вместе с дополнительными столбцами, в которых даны знаки, применяемые при вычислении взаимодействия  $s \times d$ . Каждый отклик  $R_i$  представляет общую прибыль в год, полученную в ходе одного прогона продолжительностью 1 год.

**Таблица 4.** Матрица и результаты моделирования для факторного плана типа  $2^2$  с факторами  $s$  и  $d$  для имитационной модели

Комбинация факторов (точка плана)	Знак $s$	Знак $d$	Знак $s \times d$	Отклик $R_i$ , р
1	–	–	+	90475032,0
2	+	–	–	96148753,8
3	–	+	–	92115852,1
4	+	+	+	93842651,8

Главными эффектом фактора  $s$  является средняя величина изменения в отклике, обусловленная переходом фактора  $s$  с уровня «–» на уровень «+», в то время как фактор  $d$  остается без изменения:

$$e_s = \frac{-R_1 + R_2 - R_3 + R_4}{2} = +3700,261 \text{ тыс. р.}$$

Для фактора  $d$  главный эффект будет равен:

$$e_d = \frac{-R_1 - R_2 + R_3 + R_4}{2} = -332,641 \text{ тыс. р.}$$

а эффект взаимодействия  $s \times d$  равен:

$$e_{sd} = \frac{R_1 - R_2 - R_3 + R_4}{2} = -1973,461 \text{ тыс. р.}$$

Таким образом, средний эффект от увеличения количества импортных судов с 214 до 219 состоял в повышении прибыли на 3700,261 тыс. р в год, а эффект от увеличения количества экспортных судов с 208 до 213 ед. – уменьшении прибыли до 332,640 тыс. р в год. Поскольку взаимодействие  $s \times d$  является отрицательным, то можно сказать, что более низкая прибыль наблюдается, когда  $s$  и  $d$  находятся на противоположных уровнях. Поэтому можно сделать вывод, что наибольшая прибыль наблюдается от увеличения количества импортных судов на 5 ед.

Имитационную модель можно рассматривать как механизм преобразования входных параметров в выходные показатели работы. В этом смысле моделирование является векторнозначной или стохастической функцией, явная форма которой неизвестна. Однако, чтобы получить представление о том, что же произойдет с системой при большом числе комбинаций входных параметров, можно использовать как заменитель самого моделирования некую приближенную формулу. Такую приближенную формулу часто называют метамоделью [5].

Определим метамодель как стандартную регрессионную модель, в которой независимые переменные регрессии являются входными параметрами модели, а зависимая переменная – искомым откликом:

$$\hat{R}(s, d) = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_s s + \hat{\beta}_d d + \hat{\beta}_{sd} sd,$$

$$\hat{\beta}_0 = \bar{R} + \frac{-e_s \bar{s} \Delta d - e_d \bar{d} \Delta s + 2e_{sd} \bar{s} \bar{d}}{\Delta s \Delta d},$$

$$\hat{\beta}_s = \frac{e_s \Delta d - 2e_{sd} \bar{d}}{\Delta s \Delta d}, \quad \hat{\beta}_d = \frac{e_d \Delta s - 2e_{sd} \bar{s}}{\Delta s \Delta d},$$

$$\hat{\beta}_{sd} = \frac{2e_{sd}}{\Delta s \Delta d}.$$

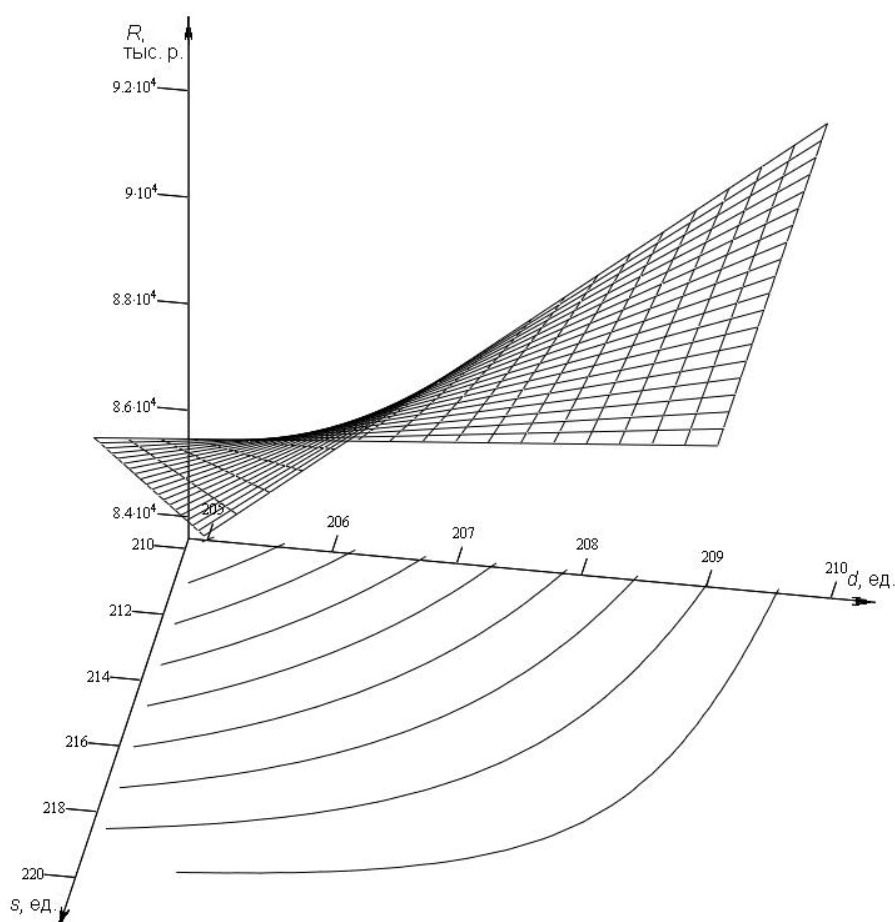


Рис. 2. График поверхности отклика

Найдем  $\bar{R}$ ,  $\bar{s}$ ,  $\bar{d}$ ,  $\Delta s$ ,  $\Delta d$ :

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + R_4}{4} = 93145,572 \text{ тыс. р.},$$

$$\bar{s} = \frac{214 + 219}{2} = 216,5 \text{ (ед.)},$$

$$\bar{d} = \frac{208 + 213}{2} = 210,5 \text{ (ед.)},$$

$$\Delta s = 219 - 214 = 5 \text{ (ед.)}, \quad \Delta d = 213 - 208 = 5 \text{ (ед.)}.$$

После расчета коэффициентов  $\hat{\beta}_0$ ,  $\hat{\beta}_s$ ,  $\hat{\beta}_d$ ,  $\hat{\beta}_{sd}$  регрессионное уравнение имеет вид:

$$\hat{R}(s, d) = -7243194,584 + 33166,555 s + 34920,397 d - 157,877 sd \text{ тыс. р.}$$

Подобранное уравнение можно рассматривать как метамодель, которую можно использовать в качестве заменителя поверхности отклика для полного моделирования. На рис. 2 представлен график поверхности отклика из факторного плана  $2^2$  для модели системы.

## Выводы

Показана возможность анализа основных фондов предприятия на основе технологии имитационного моделирования. Построена имитационная модель грузового порта, отличительной особенностью которой является возможность оценивать основные фонды предприятия на основе предложенной системы показателей. Проведен полнофакторный эксперимент на имитационной модели, позволяющий выявить эффекты от влияния каждого фактора в отдельности и от их взаимодействия на основные фонды предприятия. Проанализированы результаты расчетов этих эффектов. Усовершенствован метод анализа основных фондов предприятия, отличающийся использованием методов цепных подстановок и имитационного моделирования, которые позволяют определять и прогнозировать эффективность использования основных фондов предприятия. Предложенный подход может быть применен на предприятиях любой отрасли.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Управленческий анализ в отраслях. Изд. 2-е исправл. и доп. / под ред. Э.А. Маркарьяна. — М.: ИКЦ «МарТ», 2007. — 648 с.
2. Кельтон В., Лоу А. Имитационное моделирование. Классика CS. — СПб.: Питер; Киев: Издат. группа ВНУ, 2004. — 847 с.
3. Ханова А.А., Григорьева И.О. Формирование семантической модели знаний грузового порта с помощью предметной онтологии // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки. — 2009. — № 3. — С. 92–96.
4. Ханова А.А., Малец Т.Л. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2008614759. Компьютерная система анализа эффективности использования основных фондов грузового порта на основе имитационной модели. За-рег. 03.10.2008.
5. Лычкина Н.Н. Имитационное моделирование экономических процессов. — М.: Гос. ун-т управления, 2005. — 165 с.

Поступила 14.02.2011 г.

УДК 332.1.025

## ТЕХНОЛОГИИ И ИНСТРУМЕНТЫ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ УСТОЙЧИВОГО РЕГИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ

И.В. Черданцева

Томский политехнический университет  
E-mail: economics@tpu.ru

*Показано практическое использование инструментария типологий регионального развития при определении приоритетов стратегического развития региона и проведения с учетом результатов прогноза эффективной социально-экономической политики. Предложен алгоритм прогнозно-аналитических расчетов валового регионального продукта, учитывающий типологию, ключевые факторы регионального развития и позволяющий совершенствовать инструментальную базу социально-экономического прогнозирования и обосновывать возможные сценарии развития региона.*

### Ключевые слова:

*Типология, устойчивое региональное развитие, социально-экономическая политика, факторы развития.*

### Key words:

*The typology, steady regional development, the social and economic policy, development factors.*

Современный анализ развития российских регионов показывает актуальность использования новых технологий и инструментов устойчивого регионального развития. Среди таких инструментов следует выделить типологии развития регионов, так как конкретизация и содержательная интерпретация понятия «регион» может осуществляться при выделении определенных типов развития регионов. Однако в России сегодня вопрос выбора типологии устойчивого развития регионов является дискуссионным, что существенным образом влияет на разработку сценариев, прогнозов социально-экономического развития регионов и проведения в целом социально-экономической политики.

На сегодняшний день в России отсутствует признанная типология развития регионов, позволяющая дифференцировать показатели эффективности для каждого типа территорий (добывающие, обрабатывающие, инновационные и др.). Так, показатели оценки эффективности деятельности органов исполнительной власти субъектов РФ распространяются на все регионы России, независимо от их специализации и особенностей [1]. В данном контексте под типологией понимается метод научного познания, в основе которого лежит рассмотрение объектов и их группировка с помощью обобщенной, идеализированной модели или типа [2].

Обращение к международной практике показало достаточно широкое применение региональных типологий в управлении устойчивым развитием регионов. При этом зарубежный опыт на примере стран Евросоюза показывает значимость двух ключевых факторов при определении типологии: плотность населения, отражающего пространственный фактор, связанный с вероятностью возникновения урбанистических экономик, и валового регионального продукта (ВРП) на душу населения, отражающий экономический потенциал регионов [3]. При использовании данной типологии выделяют: регионы — производственные площадки; регионы — источники увеличения прибыли; регионы — центры знаний.

В регионах — производственных площадках — производительность «строится» на дешевых ресурсах, отражающих имеющиеся производственные факторы (труд, земля и др.). Привлекательность таких регионов основывается в большей степени не на локализации или концентрации хозяйственной деятельности, а на отрицательных экономических эффектах, обусловленных низким уровнем развития урбанизации.

Экономический рост в регионах — источниках увеличения — прибыли базируется на ограниченном числе отраслей, получающих преимущества